Transport Canada Transports Canada

TP 1624

Marine Casualty Investigations

Enquêtes sur les accidents maritimes

Investigation Report to the Minister pursuant to sections 542 or 545 of the Canada Shipping Act

Rapport d'investigation au Ministre conformément aux articles 542 ou 545 de la Loi sur la marine marchande du Canada

Canada

This report is also available in English.

RAPPORT D'INVESTIGATION SUR LES CIRCONSTANCES DE L'INONDATION DES DOUBLES-FONDS SUR LE VRAQUIER-PÉTROLIER "DODSLAND" BATTANT PAVILLON LIBÉRIEN, ALORS QU'IL SE DIRIGEAIT VERS QUÉBEC AU CANADA, LE 17 FÉVRIER 1987

RAPPORT N° 483

These sections of the Investigation Report prepared pursuant to Section 542, or of the Preliminary Inquiry Report prepared pursuant to Section 545, of the Canada Shipping Act, are released for accident prevention purposes only and are confined to cause-related circumstances.

This report and its contents may be deficient and misleading if used in any other process and are not to be used or admitted in evidence in any legal proceedings, either civil or criminal, arising out of the casualty described in the report. The statements, opinions and findings in the report are those of the Marine Casualty Investigations Division only and do not constitute admissions made by or on behalf of Her Majesty the Queen in right of Canada.

Ces sections du rapport d'investigation ou du rapport préliminaire sont rédigées en vertu des articles 542 et 545 respectifs de la Loi sur la marine marchande du Canada et ne sont publiées qu'à des fins de prévention des accidents seulement et ne portent que sur les circonstances entourant le cas à l'étude.

Ce rapport et son contenu peuvent être insuffisants et trompeurs s'ils sont utilisés à d'autres fins et ne peuvent être utilisés ou acceptés comme preuve dans quelque procédure que ce soit, au civil ou au criminel, même si ces procédures découlent de l'accident décrit dans ledit rapport. Les déclarations, les opinions et les constatations de ce rapport appartiennent uniquement à la section des Enquêtes sur les accidents maritimes et ne constituent pas une acceptation de la part ou au nom de Sa Majesté du chef du Canada.

RAPPORT D'INVESTIGATION SUR LES CIRCONSTANCES DE L'INONDATION DES DOUBLES-FONDS SUR LE VRAQUIER-PÉTROLIER "DODSLAND" BATTANT PAVILLON LIBÉRIEN, ALORS QU'IL SE DIRIGEAIT VERS QUÉBEC AU CANADA, LE 17 FÉVRIER 1987

Fiche technique du navire

Nom	"DODSLAND"
Numéro officiel	7697
Port d'immatriculation	Monrovia
Pavillon	Libéria
Jauge brute	45 278 tonneaux
Jauge nette	24 427 tonneaux
Longueur	243,82 m
Largeur	32,21 m
Creux	19,51 m
Tirants d'eau	
Départ Sullom Voe	Av. : 12,71 m Ar. : 13,77 m Moyen : 13,24 m
Arrivée Halifax	Av. : 13,80 m Ar. : 14,01 m Moyen : 13,90 m
Tirant d'eau hiver	Moyen : 13,73 m
Type	Pétrolier-vraquier-minéralier (O.B.O)
Construction	Puerto Real, Cadix, Espagne, 1985
Propulsion	Un moteur diesel à 5 cylindres de 11 181 kW entraînant une hélice à pales réglables
Vitesse normale	Environ 12 noeuds
Cargaison	68 031 tonnes de pétrole brut
Classification	American Bureau of Shipping (ABS)
Coque	Acier, renforcée pour la navigation dans les glaces selon les normes de l'ABS

	Classe C; renforcée pour le transport de cargaisons lourdes
Armateurs	Ultramar Shipping Company Inc. Monrovia, Libéria et New York, États-Unis
Agent local	F.K. Warren Ltd. Halifax (N.-É.) Canada

Équipement de navigation

Radar 1	Raytheon, portée de 0,5 à 64 milles
Radar 2	Raytheon, portée de 0,5 à 64 milles
Radar 3	Horten, portée de 0,375 milles à 48 milles. ARPA (aide de pointage radar automatique)
Compas	Sperry
Appareil à gouverner	(1) pilote automatique Sperry (2) barre électrique (3) roue hydraulique
Radiogoniomètre	Furuno
Loch	Raytheon DSL-250
Loran C	Navidyne ESZ-7000
Nav-sat	Navidyne ESZ-4000
Sondeur	Furuno avec alarme de profondeur
Enregistreur de cap	Sperry
Navigateur Decca	Mark 21
Anémomètre	Plath

Équipement de communication

Radiotélégraphe	Radio Sait
Appareil de communication par satellite	Sperry
Radiotéléphone VHF 1	Siemens, Voies 0-80
Radiotéléphone VHF 2	Siemens, Voies 0-80

Télécopieur pour réception de cartes météorologiques	Alden Marine, Fax 4

Chargement et ballastage

Ordinateur	Kockumation, Load Master B. 20, de Suède
Jaugeage de la cargaison	Saab, jauge de niveau de type radar

Description du navire

Le "DODSLAND" est un navire tout en acier dont les machines et les emménagements sont situés à l'arrière; il est conçu pour transporter du vrac liquide ou des marchandises sèches dans ses neuf cales/citernes à cargaison; des cofferdams séparent les différents compartiments à cargaison. La tuyauterie qui sert lorsque le bâtiment transporte du vrac liquide passe dans une quille en caisson et dans les cofferdams, ce qui libère complètement les compartiments à cargaison pour usage éventuel pour le transport de marchandise sèche en vrac. Un système de chauffage des cargaisons liquides est aussi placé dans les cofferdams. (Voir appendice 1.)

Des ballasts constitués de doubles-fonds et de citernes latérales inférieures et supérieures sont placés sur toute la longueur des cales; les citernes latérales inférieures occupent un espace commun avec les ballasts de double-fond qui s'étendent de la quille en caisson jusqu'à la muraille du navire et sont considérées comme faisant partie de ceux-ci. (Voir appendice 2.)

Un appareil de contrôle multipoints du chargement (ordinateur) fournit des données pour toutes les conditions de chargement afin de préserver la coque des contraintes excessives durant le chargement et le déchargement.

Tous les certificats du navire étaient valides.

NOTA :

1. Dans le présent rapport, toutes les heures sont données à l'heure normale de l'Atlantique (UTC moins 4 heures), à moins d'indication contraire.

2. Un glossaire des termes et abréviations figure à la suite des constatations du présent rapport.

Données générales

Au matin du 17 février 1987, le "DODSLAND", avec une pleine cargaison de pétrole brut, se trouvait par 45°48'N et 58°57'W, approchant du détroit de Cabot, lorsqu'on a constaté que de l'eau de mer pénétrait dans deux des ballasts de double-fond.

La zone de régulation du trafic de l'Est du Canada (ECAREG) a annulé l'autorisation de pénétrer dans le golfe Saint-Laurent et le navire a été dérouté sur Halifax (N.-É.) où on a constaté que le bordé de carène était fissuré au droit des doubles-fonds.

L'accident n'a fait ni blessé ni pollution.

Récit des événements

Le "DODSLAND" quitte Sullom Voe, dans les Îles Shetland, au Royaume-Uni, à 16h43, Temps universel coordonné (UTC), le 3 février 1987, à destination de Saint-Romuald (Qc), au Canada, avec une pleine cargaison en vrac de 68 031 tonnes de pétrole brut de la Mer du Nord, entièrement destinée aux installations de Saint-Romuald. La cargaison est contenue dans 9 cales/citernes; tous les ballasts sont vides.

Le navire doit faire face à du très mauvais temps pendant la majeure partie de sa traversée de l'Atlantique Nord, notamment des vents d'Ouest de 40 à 60 noeuds et une mer très forte. Pendant une certaine période, le 14 février, le journal de bord fait état de vents Ouest-Sud-Ouest de 70 noeuds, ce qui, sur l'échelle de Beaufort, correspond à un ouragan.

La durée normale de la traversée de Sullom Voe jusqu'en Nouvelle-Écosse est de 9 jours pour le "DODSLAND" dont la vitesse de croisière est de 12 noeuds; toutefois, à cause du mauvais temps et des fréquentes réductions du régime de la machine nécessaires pour étaler le gros temps, le voyage prend 14 jours. Au cours de la pire période de la traversée, soit de midi le 14 février à midi le 15 février, la vitesse moyenne tombe à 4,42 noeuds.

Il est impossible de sonder tous les ballasts chaque matin à cause du mauvais temps qui empêche d'accéder aux tuyaux de sonde placés sur le pont découvert. Comme on n'a pas sondé les doubles-fonds depuis le 6 février, le navire met le cap à l'Est au cours de l'après-midi du 14 février afin d'avoir le vent et la mer de l'arrière. Dans cette situation, les mouvements du bâtiment sont relativement moins violents et il est possible de procéder à des sondages. On constate que les ballasts sont vides et on remet le cap à l'Ouest environ 1½ heure plus tard. Le mauvais temps persistant empêche de procéder à d'autres sondages jusqu'au matin du 17 février.

Le 15 février, on ajoute 2 240 tonnes d'eau de mer dans les ballasts longitudinaux afin d'augmenter le tirant d'eau du navire d'environ 30 cm pour la navigation dans les glaces éventuelle; le tirant d'eau moyen est alors de 13,4 m.

Avant d'entrer dans le détroit de Cabot, le navire appelle Chedabucto Bay (N.-É.) et retient les services d'un pilote qui servira de conseiller pour traverser un secteur englacé dans une zone de pilotage non obligatoire.

Le pilote monte à bord à 01h00 le 17 février, et le navire se dirige ensuite vers l'entrée du détroit de Cabot, en restant au large de concentrations de glace de mer côtières. Le navire rencontre des bandes de glace mince au large de la côte Sud-Est de l'île du Cap-Breton et, à 07h30, à la position approximative de 45°43'N par 59°05'W, il pénètre dans de la glace de première année d'environ 20 cm d'épaisseur; la couverture de glace de sept-dixième, est constituée de petits fragments assez largement disséminés et elle ne ralentit pas la vitesse du navire qui est de 12 noeuds. Le temps s'est amélioré dans l'intervalle : vent d'Ouest-Nord-Ouest de 20 noeuds, mer peu agitée et visibilité illimitée.

À 08h30 le 17 février, une heure après avoir pénétré dans les glaces, des sondages révèlent que les ballasts numéros 3 de bâbord et numéro 4 de tribord sont inondés; l'eau dans les tuyaux de sonde atteint le niveau de la mer et chaque citerne contient 1 847 tonnes d'eau de mer.

On se sert des deux pompes de ballast principales du navire afin d'épuiser les deux ballasts et on réussit à réduire la quantité d'eau à environ 250 tonnes dans chacun d'eux. On laisse alors les ballasts se remplir à nouveau.

Le navire fait rapport de la situation à ECAREG et le centre lui retire l'autorisation de pénétrer dans le golfe Saint-Laurent (où il y a de fortes concentrations de banquise); cependant, des calculs des moments de flexion et des forces de cisaillement fournis par l'appareil de contrôle multipoints du chargement (ordinateur) qu'on avait alimenté avec le chargement de 1847 tonnes dans chacun des deux ballasts, indiquent que les contraintes imposées à la coque demeurent dans des limites acceptables et le navire demande l'autorisation de reprendre son voyage.

ECAREG refuse à nouveau et le navire est dérouté sur Halifax (N.-É.), à 16h00 le 17 février.

À l'arrivée au large du port de Halifax à 17h00 le 18 février, des inspecteurs de la Direction de la sécurité des navires de la Garde côtière canadienne montent à bord et, après une inspection, autorisent le bâtiment à pénétrer dans le port où il s'ancre à 19h28 le jour même.

Le lendemain matin 19 février, une compagnie privée de plongée sous-marine inspecte l'extérieur de la coque au moyen d'une caméra vidéo submersible. Cette inspection révèle que le bordé de carène est fissuré au droit des ballasts. Les fissures dans les deux cas s'étendent verticalement vers le bas à partir

de points situés sous les côtés des compartiments à cargaison, traversent les quilles de roulis et, de là, s'étendent horizontalement dans le bordé de carène vers la quille en caisson; chaque fissure a environ 7,5 m de long sur 6 mm de large.

On prend des dispositions pour transborder la cargaison sur d'autres navires citernes afin de l'acheminer jusqu'à Saint-Romuald pour que le "DODSLAND" puisse subir des inspections plus poussées en cale sèche à Halifax. Le bâtiment passe en cale sèche le 17 mars 1987; les réparations qui seront faites ultérieurement à la coque coûteront approximativement 500 000 $.

Analyse des principaux facteurs

1. Bref historique du "DODSLAND"

Le navire était entré en service en décembre 1985 et il s'agissait de son treizième voyage depuis lors. Des 12 voyages antérieurs (tous en tant que transporteur de pétrole brut), trois avaient été faits à Saint-Romuald, dont deux en février et mars 1986 et un en janvier 1987. On n'avait enregistré précédemment aucun cas de dommage à la coque pour quelque cause que ce soit.

2. Départ de Sullom Voe

Le "DODSLAND" quitte Sullom Voe en condition de charge normale, comme lors de ses voyages antérieurs. Tous les compartiments à cargaison étaient remplis à 97 % (réduisant au minimum l'effet de carène liquide) et l'appareil de contrôle multipoints du chargement montrait que les efforts imposés à la coque par la cargaison et les approvisionnements demeuraient dans des limites acceptables de plus ou moins 100 % pour les conditions de mer. La force de cisaillement maximale était de -53 % et le moment de flexion maximal, de -62 %. Le navire avait une assiette positive de 1,6 m et un léger contre-arc.

3. Traversée prévue

L'itinéraire choisi devait amener le navire à faire route au Sud-Ouest à partir de Sullom Voe jusqu'à une position située à 42°50'N par 40°00'W, puis à venir à l'Ouest jusqu'à une position par 42°50'N et 50°00'W au large de la bordure Sud de la 'queue' du 'Grand Banc de Terre-Neuve'; à partir de ce point, le navire devait suivre une route au Nord-Ouest qui devait l'amener à Chedabucto Bay. Cette route du Sud avait été choisie afin d'éviter les températures extrêmes que le bâtiment aurait risqué de rencontrer s'il avait adopté un itinéraire orthodromique ou loxodromique plus direct.

La route avait été tracée sur la carte de l'Amirauté britannique numéro 4011 représentant l'océan Atlantique Nord; cette carte est reproduite sur une carte de l'Atlantique Nord contenue dans les appendices du présent rapport.

4. Conditions météorologiques

Au cours de onze des 14 jours de la traversée, il y a eu des vents du Sud-Ouest, d'Ouest et du Nord-Ouest de 40 à 50 noeuds. À maintes occasions, on retrouve dans le carnet de passerelle des inscriptions soulignant que le navire roule et tangue fortement, qu'on essaie divers caps afin de réduire la fatigue du bâtiment et que de grosses vagues se brisent sur le pont.

Pendant trois heures, au matin du 14 février, on a enregistré des vents du Sud-Ouest de force 12 sur l'échelle de Beaufort, c'est-à-dire de 64 à 71 noeuds avec des rafales jusqu'à 70 noeuds.

L'état de la mer pendant la majeure partie du voyage correspond à ce qui est décrit dans l'échelle de Beaufort pour une étendue d'eau non abritée dans des vents de force 10 (48 à 55 noeuds), c'est-à-dire :

> Vagues très hautes; les longues crêtes déferlent dans un tourbillon d'écume qui est soufflé en épaisses traînées avec le vent. Toute la surface de la mer est en apparence blanchâtre, la visibilité est réduite, le déferlement des vagues est massif.

On estime que pendant la majeure partie du voyage, la hauteur des vagues se situait entre 10 et 12 m du creux à la crête.

5. Sondage des ballasts

Il existe deux méthodes pour prendre des sondages dans les ballasts. Dans un cas, il s'agit de se servir d'un ruban de sonde, dans l'autre, d'un dispositif de jaugeage actionné par air comprimé qui permet de lire le contenu de chaque citerne sur des jauges situées dans la cabine de commande de la cargaison/des ballasts.

C'est l'usage à bord des navires de sonder à la main les citernes quotidiennement quand on est en mer et de se servir du dispositif de jaugeage lorsqu'on ballaste le navire pour le départ après le déchargement d'une partie de la cargaison.

À cause du mauvais temps et du fait que les tuyaux de sonde étaient placés sur le pont découvert, on n'avait pas procédé à des sondages manuels depuis le 6 février, soit trois jours après le départ de Sullom Voe. Le dispositif de jaugeage n'avait pas été utilisé de crainte que des gouttelettes d'eau ne se forment par condensation dans le circuit d'air comprimé et ne gèlent, rendant le système inutilisable lorsqu'on en aurait besoin après le déchargement de la cargaison à Saint-Romuald.

Le 14 février, soit 8 jours après la dernière série de sondages, le bateau a quitté sa route au 270° vrai pour mettre le cap au 095° vrai. Cette manoeuvre avait pour but de le placer dos au vent et à la mer afin d'atténuer ses mouvements; ainsi, la mer de l'arrière ne déferlait plus sur le pont et il était possible d'accéder aux tuyaux de sonde.

Le changement de cap a été fait à 13h25 et, au bout de 1h35 à 15h00, le bateau a repris sa route au 270° vrai. Les sondages manuels effectués dans tous les ballasts ont montré qu'ils étaient vides. Aucun autre sondage n'a été pris jusqu'au 17 février, date où le temps s'est amélioré. Les 15 et 16 février, il a continué de faire mauvais avec des vents de 56 à 63 noeuds qui ont progressivement molli à 28 à 33 noeuds.

6. Ballastage, 15 février

Le 15 février, on a embarqué de l'eau de mer dans les ballasts pour augmenter le tirant d'eau du navire d'environ 30 cm en vue de la navigation dans les glaces. Le tirant d'eau moyen devait être alors d'environ 13,4 mètres. Cette eau de ballast a été répartie comme il suit :

Ballast du compartiment de l'appareil à gouverner (arrière)	510 tonnes
Ballast du coqueron arrière	729 tonnes
Ballast du coqueron avant	1 001 tonnes
	2 240 tonnes

L'adjonction de poids presque égaux aux extrémités du navire devait aussi servir à réduire le léger contre-arc du navire; on n'a pas embarqué d'eau de mer dans les doubles-fonds, on présumait qu'ils étaient toujours vides.

On n'a pas fait de calcul des contraintes dans le nouvel état de ballastage et de charge parce qu'on n'a pas estimé que la quantité d'eau de mer chargée était suffisante pour entamer de façon notable la marge de sécurité de la résistance de la coque aux contraintes.

7. ECAREG - Compte-rendu initial par le navire

Le système ECAREG est un service destiné à aider les navires à traverser rapidement et en toute sécurité le secteur. Le navire s'est conformé aux exigences d'ECAREG et a envoyé, le 13 février, un rapport initial dans lequel il donnait son heure probable d'arrivée à la station de pilotage de Chedabucto Bay (qui se trouve à l'intérieur de la zone de trafic de l'Est du Canada) ainsi que d'autres renseignements nécessaires. Il précisait notamment que la coque du navire était exempte de défectuosités et que le bâtiment n'avait pas subi d'avarie (le sondage des ballasts fait le lendemain confirmera cette assertion); en conséquence, le centre ECAREG a autorisé le navire à pénétrer dans la zone en réponse à son message initial.

8. État des glaces dans le golfe Saint-Laurent

Les cartes d'analyse des glaces émises par le Centre de prévision des glaces d'Environnement Canada à Ottawa que le "DODSLAND" a reçues par télécopieur indiquaient que la glace de première année prédominait dans le golfe Saint-Laurent avec des banquises étendues de concentration de 9/10 de floes gros et géants d'une épaisseur moyenne de 30 centimètres.

9. Doubles-fonds inondés

Au matin du 17 février, on a repris les sondages manuels quotidiens habituels et, à 08h30, on a constaté que les ballasts numéros 3 de bâbord et 4 de tribord étaient inondés. Dans les tuyaux de sonde, l'eau atteignait le niveau du tirant d'eau du navire; la capacité totale de chaque citerne est de 1 847 tonnes d'eau de mer.

Les deux pompes de ballast principales du navire, d'une capacité de 2 500 tonnes à l'heure, ont été utilisées pour alléger les deux ballasts et on a réussi à réduire à environ 250 tonnes la quantité d'eau dans chacun d'eux. On a ensuite laissé les ballasts se remplir à nouveau et on a calculé que le débit d'envahissement par l'eau de mer était le suivant :

Ballast n° 3 de bâbord	600 tonnes à l'heure
Ballast n° 4 de tribord	400 tonnes à l'heure

Il n'y avait pas de changement dans la quantité de cargaison selon les jauges à cargaison et on n'a pas non plus constaté de fuite d'huile à la mer.

10. Rapport subséquent à ECAREG

À 13h42 le 17 février, le navire a envoyé à ECAREG un message pour informer le centre de la situation; dans ce message, il était précisé que les pompes de ballast réussissaient à étaler la voie d'eau et on demandait de confirmer la validité de l'autorisation de pénétrer dans la zone.

À 14h13, le centre ECAREG a répondu que l'autorisation n'était plus valide et a refusé la permission d'entrer dans le golfe Saint-Laurent, en ajoutant que plus amples informations suivraient sous peu. À 15h42, le navire a accusé réception du retrait de l'autorisation de circuler, mais en ajoutant que même avec les deux doubles-fonds pleins en plus de la cargaison et du ballast embarqué le 15 février, l'appareil de contrôle multipoints du chargement indiquait que les contraintes demeuraient largement à l'intérieur des marges de sécurité. Le navire demandait par conséquent que l'autorisation soit renouvelée. Le navire se dirigeait toujours vers le golfe Saint- Laurent.

À 16h00, le centre ECAREG a averti le navire de se dérouter vers Halifax ou Chedabucto Bay et de prendre des dispositions pour y être inspecté par sa société de classification en présence d'experts maritimes de la Garde côtière canadienne. Sur réception de ce message, le navire a viré de bord et a mis le cap sur Halifax en Nouvelle-Écosse où il est arrivé aux limites de la zone de Halifax à 17h00 le lendemain 18 février.

11. Appareil de contrôle multipoints du chargement

La conception des navires modernes, en particulier la conception et la construction des grands navires spécialisés comme le "DODSLAND", se fait principalement à l'aide d'ordinateurs afin d'optimiser les échantillons des navires. Cette façon de procéder a entraîné le besoin d'une précision accrue dans la répartition de la cargaison et/ou du ballast lors du chargement et du déchargement.

Les sociétés de classification reconnaissent qu'un chargement mal pensé peut soumettre une coque à des contraintes excessives et la Convention internationale sur les lignes de charge de 1966 stipule qu'il faut fournir au capitaine d'un navire neuf de l'information suffisante dans une forme approuvée pour lui permettre de voir à ce que le chargement et le ballastage ne créent pas de contraintes inacceptables pour la charpente du navire.

Dans la plupart des cas, les constructeurs joignent aux navires neufs un manuel de chargement approuvé couvrant toutes les conditions de chargement ordinaires dans lesquelles les contraintes que la cargaison et le ballast imposent à la coque demeurent dans des limites acceptables. Il peut se présenter des cas où les conditions de chargement ne sont pas normales et où le capitaine du navire a besoin de renseignements supplémentaires; on y pourvoit en dotant le navire d'un appareil de contrôle multipoints du chargement (ordinateur).

Le "DODSLAND" est muni d'un tel appareil. Une fois que les données portant sur un chargement prévu sont entrées, l'ordinateur montre les forces de cisaillement et les moments de flexion que le navire peut avoir à supporter à 20 points situés sur toute la longueur de la coque et il indique si ces tensions sont acceptables ou non, soit dans un port (en eau calme) ou en mer, situation où des tensions additionnelles peuvent venir s'ajouter à celles qu'impose le chargement, par exemple, le mouvement de la coque sur l'eau. Pour être acceptables, ces tensions doivent demeurer dans une fourchette de 100 % plus ou moins, étant bien entendu que la coque doit être intacte.

Lorsqu'on a découvert les deux ballasts inondés, on a nourri l'ordinateur avec de nouvelles conditions tenant compte à la fois de la cargaison et du ballast précédemment embarqué et du fait que les deux doubles-fonds étaient désormais pleins; même dans ces conditions, l'ordinateur a indiqué que les tensions demeuraient à l'intérieur des marges de sécurité pour le navire en mer. La force maximale de cisaillement était de -65 %, le moment de flexion maximal, de -60 %; le navire a demandé l'autorisation d'entrer dans le golfe Saint-Laurent en se fondant sur ces renseignements et sur le fait que les pompes de ballast étaient en mesure d'étaler la voie d'eau. Cependant, le centre ECAREG a à nouveau refusé l'autorisation.

Il faut noter que la coque du navire n'était plus intacte et risquait par conséquent de ne pas être en mesure de supporter les contraintes ci-dessus, en particulier compte tenu des efforts additionnels qui auraient pu être associés à la navigation dans la banquise.

12. Moment des avaries

C'est à 08h30 le 17 février qu'on a découvert l'inondation des ballasts. Le navire était entré dans la banquise lâche à 07h30 le même jour; on a établi le débit maximum d'envahissement à 600 tonnes à l'heure dans le ballast n° 3 de bâbord où il était le plus grand; par conséquent, l'avarie aux ballasts a dû se produire au moins trois

heures avant 08h30, compte tenu de la durée nécessaire pour que le ballast se remplisse à sa capacité de 1 843 tonnes; l'avarie se serait donc produite au moins deux heures avant l'entrée dans la banquise.

Le sondage précédent de toutes les citernes avait été fait entre 13h25 et 15h00 le 14 février, et elles étaient alors vides. Par conséquent, l'avarie a dû survenir à un moment situé entre 15h00 le 14 février et 05h30 le 17 février.

13. Investigation concernant les fissures de la coque

L'expert en architecture navale de la Division des enquêtes sur les accidents maritimes était occupé à d'autres investigations urgentes au moment de cet incident. Toutefois, la Direction de la sécurité des navires de la Garde côtière canadienne, les propriétaires et la société de classification ont aussi eu besoin d'une analyse complète en vue de déterminer les raisons de la rupture de la coque. C'est pourquoi, la Mutuelle de protection et d'indemnisation a chargé la Nova Scotia Research Foundation Corporation de mener à bien l'analyse métallurgique nécessaire. Les parties intitulées 'Discussion' et 'Conclusion' du rapport de la Corporation sont jointes à l'appendice 3.

Le rapport couvre en détail les éléments complexes en cause, mais, en résumé, la rupture du bordé de carène a été attribuée à la formation de fissures dues à la fatigue dans les soudures d'angle à cause d'un soudage médiocre, d'une concentration de contraintes, et de la flexion de la coque en service qui a causé des contraintes cycliques aux extrémités des renforts intercostaux du bordé de bouchain. Les fissures causées par la fatigue se sont propagées au bordé extérieur et ont abouti à des ruptures par fragilité.

14. Qualifications et expérience de l'équipage

Le capitaine possède des certificats libériens et italiens de Capitaine au long cours et compte 25 ans de temps de mer, dont les dix dernières années comme capitaine; il commandait le "DODSLAND" depuis 3,5 mois et avait précédemment commandé des navires analogues pendant six mois.

Le troisième lieutenant possède des certificats libériens et italiens de Troisième officier au long cours et comptait 5 ans de temps de mer, dont 3 ½ mois à bord du "DODSLAND".

Le pilote possède un certificat britannique de Capitaine au long cours et une licence de pilote de l'APA. Il naviguait depuis 30 ans et était pilote depuis 12 ans.

Constatations

Le vraquier-pétrolier-minéralier de 15 mois "DODSLAND", immatriculé au Libéria, a subi des fissures dans son bordé de fond et son bordé extérieur inférieur au droit de deux des doubles-fonds au cours de la traversée de l'océan Atlantique à destination de Québec au Canada, avec une pleine cargaison de pétrole brut. Les causes de la fissuration sont complexes, mais, en termes simples, il semble que :

- quatre fissures dues à la fatigue, dans le bordé extérieur, deux de chaque côté de la coque, aient été provoquées par les effets combinés :
  - d'un soudage d'angle médiocre;
  - d'une concentration de contraintes aux extrémités des renforts, dans des conditions de charge de service.
- les fissures dues à la fatigue aient ensuite abouti à de graves ruptures par fragilité par suite :
  - de la flexion de la coque chargée en mer;
  - de la concentration de contraintes au droit des zones affaiblies par les fissures causées par la fatigue;
  - de la qualité de l'acier à basse température;
  - de l'incapacité des soudures bord à bord du bordé extérieur adjacent d'arrêter la propagation des ruptures par fragilité ou de les détourner.

Autres constatations

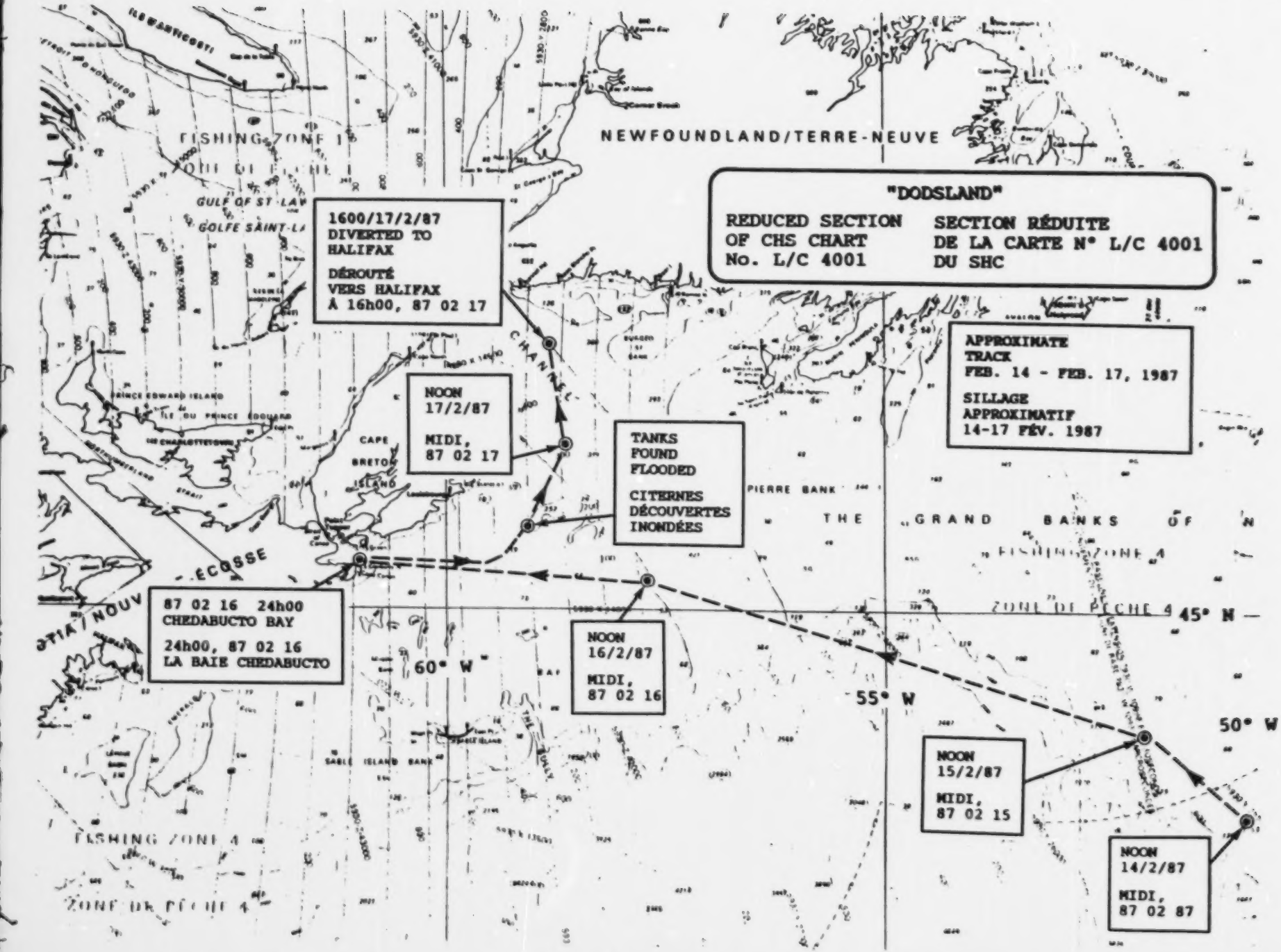
Comme on savait que la coque du navire était probablement fissurée, il n'était guère judicieux de continuer à se fier sur les calculs de contraintes de l'appareil de contrôle multipoints du chargement afin d'évaluer la sécurité.

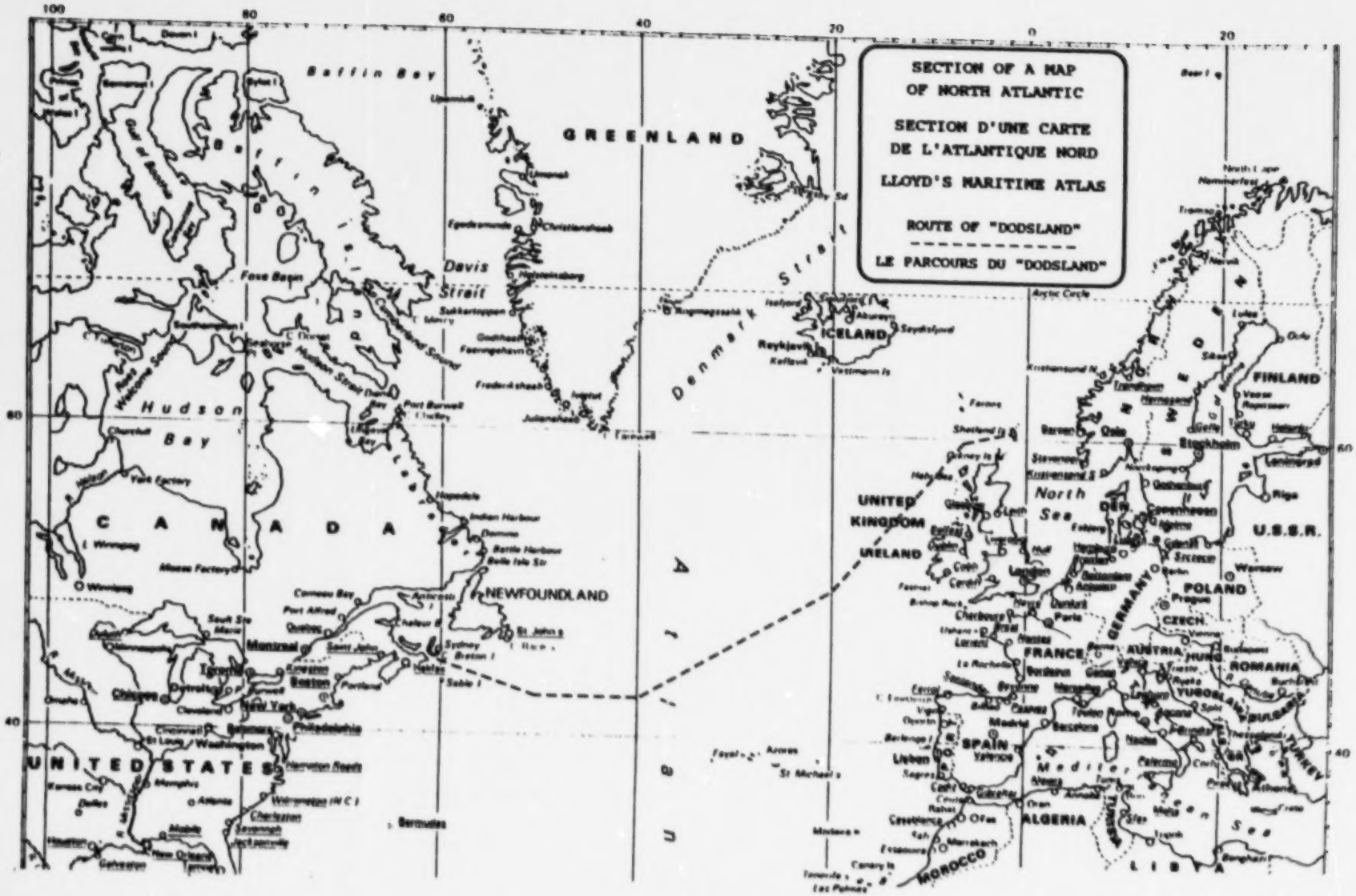
Le centre ECAREG a prudemment refusé au navire l'autorisation d'entrer dans des eaux encombrées de glace, évitant ainsi au bâtiment d'éventuelles avaries et préservant l'environnement de risques de pollution subséquents.

OTTAWA (ONT.)
FÉVRIER 1988.

Glossaire

Carène liquide	surface de liquide dans un compartiment non plein qui cherche à demeurer parallèle à l'horizontale lorsque le navire roule et tangue; l'effet de carène liquide diminue la stabilité
Cofferdam	séparation formée par deux cloisons transversales entre deux compartiments adjacents
Contre-arc	déformation longitudinale d'un navire par suite d'une contrainte en vertu de laquelle le milieu de la quille s'est affaissé par rapport aux extrémités
Loxodromie	route que suit un navire lorsqu'il coupe tous les méridiens sous un angle constant
Noeud	unité de vitesse : 70 noeuds correspondent à 70 milles marins à l'heure ou à 80,6 milles anglais à l'heure
Orthodromie	la route la plus courte entre deux points sur une sphère
Quille de roulis	plan mince fixé extérieurement à la coque de chaque côté du navire à l'arrondi du bouchain afin d'amortir les mouvements de roulis
Quille en caisson	quille faite de tôles et de cornières en acier disposée en forme de boîtes et s'étendant à partir de la salle des machines vers l'avant
Sondage (interne)	opération visant à mesurer la quantité d'eau qui se trouve dans un ballast ou dans un compartiment
UTC	temps universel coordonné


"DODSLAND"
REDUCED SECTION OF CHS CHART No. L/C 4001
SECTION RÉDUITE DE LA CARTE N° L/C 4001 DU SHC
1600/17/2/87
DIVERTED TO HALIFAX
DÉROUTÉ VERS HALIFAX
À 16h00, 87 02 17
APPROXIMATE TRACK
FEB. 14 - FEB. 17, 1987
SILLAGE APPROXIMATIF
14-17 FÉV. 1987
NOON 17/2/87
MIDI, 87 02 17
TANKS FOUND FLOODED
CITERNES DÉCOUVERTES INONDÉES
87 02 16 24h00
CHEDABUCTO BAY
24h00, 87 02 16
LA BAIE CHEDABUCTO
NOON 16/2/87
MIDI, 87 02 16
NOON 15/2/87
MIDI, 87 02 15
NOON 14/2/87
MIDI, 87 02 87
NEWFOUNDLAND/TERRE-NEUVE
FISHING ZONE 1
ZONE DE PÊCHE 1
GULF OF ST. LAW
GOLFE SAINT-LA
PRINCE EDWARD ISLAND
ÎLE DU PRINCE ÉDOUARD
CHARLOTTETOWN
CAPE BRETON ISLAND
CHANNEL
PIERRE BANK
THE GRAND BANKS OF N
FISHING ZONE 4
ZONE DE PÊCHE 4
45° N
60° W
55° W
50° W
SABLE ISLAND BANK
FISHING ZONE 4
ZONE DE PÊCHE 4

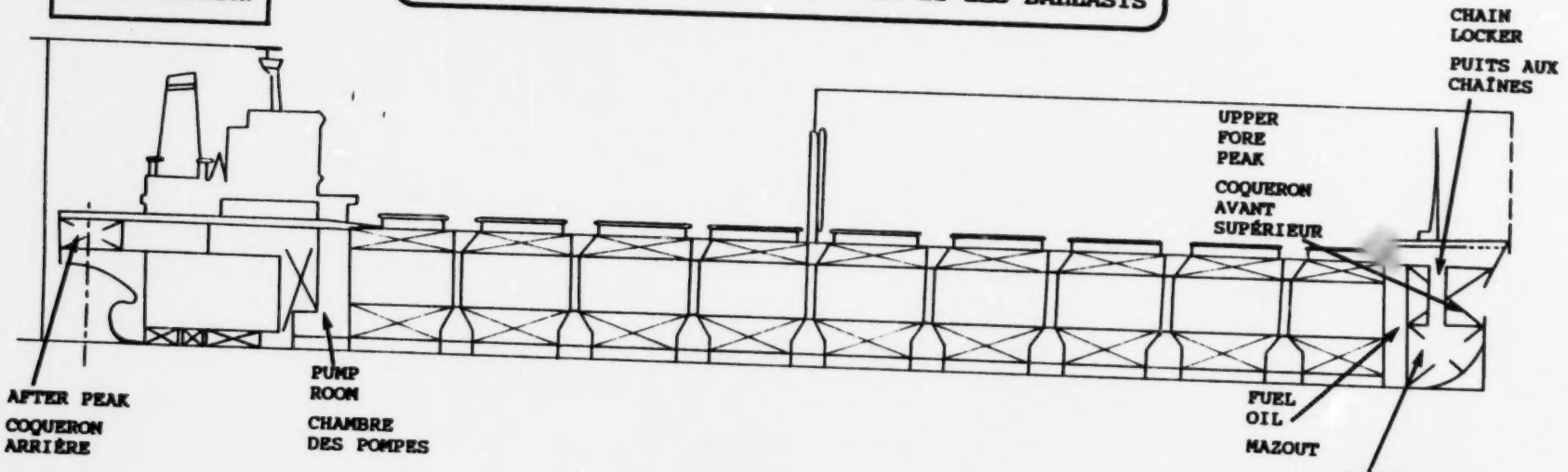

SECTION OF A MAP
OF NORTH ATLANTIC
SECTION D'UNE CARTE
DE L'ATLANTIQUE NORD
LLOYD'S MARITIME ATLAS
ROUTE OF "DODSLAND"
LE PARCOURS DU "DODSLAND"
GREENLAND
Baffin Bay
Davis Strait
Denmark Strait
ICELAND
Reykjavik
Hudson Bay
CANADA
NEWFOUNDLAND
UNITED STATES
Montreal
Toronto
Boston
New York
Philadelphia
Chicago
Bermuda
North Sea
UNITED KINGDOM
IRELAND
FRANCE
SPAIN
PORTUGAL
ALGERIA
MOROCCO
LIBYA
Mediterranean Sea
GERMANY
POLAND
CZECH.
AUSTRIA-HUNG.
YUGOSLAVIA
ROMANIA
BULGARIA
TURKEY
FINLAND
U.S.S.R.
Stockholm
Oslo
Riga
Warsaw
Prague
Vienna
Budapest
Belgrade
Athens
Lisbon
Madrid
Barcelona
Gibraltar
Azores
St Michael's
Arctic Circle
100
80
60
40
20
0
20
60
40

ANNEX 1
APPENDICE 1

CARGO HEATING SYSTEM
INSTALLATION DE RÉCHAUFFAGE DE LA CARGAISON

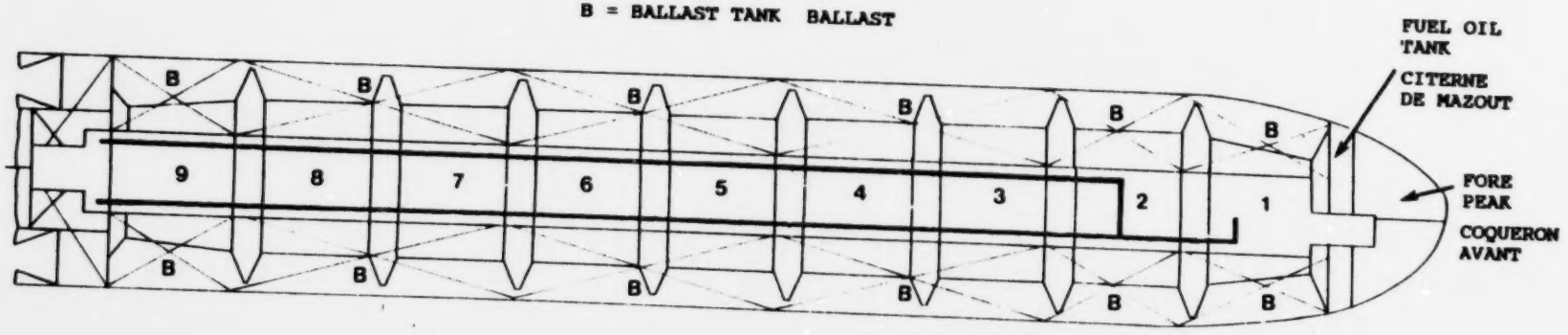
OBO "DODSLAND"
CROSS-SECTION SHOWING CARGO AND BALLAST TANKS

OBO "DODSLAND"
SECTION DÉMONTRANT LA CALE ET LES BALLASTS



1 TO 9 ARE CARGO HOLDS
LES N^OS 1 À 9 SONT DES CALES

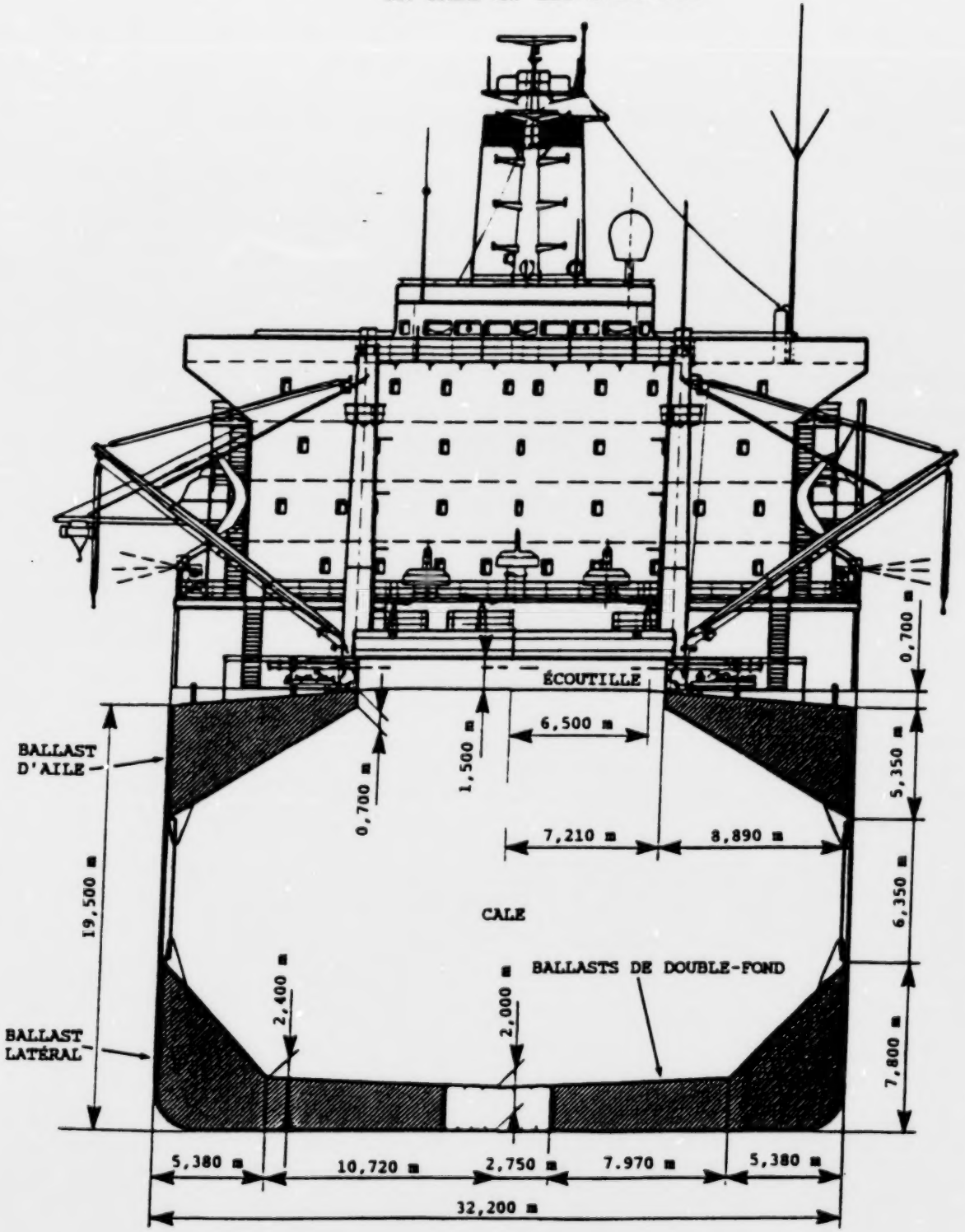
B = BALLAST TANK BALLAST



ANNEX 2

APPENDICE 2

OBO "DODSLAND"
SECTION DÉMONTRANT
LA CALE ET LES BALLASTS

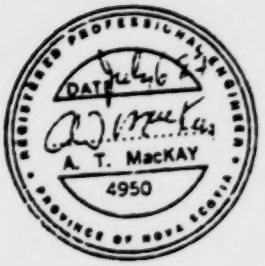


ANNEX 3

Nova Scotia Research Foundation Corporation

P.O. Box 790
Dartmouth, Nova Scotia
Canada B2Y 3Z7
(902) 424-8670
Telex 019-22719
Telecopier (902) 465-7384

INVESTIGATION OF THE HULL PLATE FRACTURE AND CHARACTERIZATION OF THE STEELS ASSOCIATED WITH THE FAILURE OF THE MV DODSLAND NSRFC-HAK-212-86/7



By

J.S. MacIntyre, E.I.T.,

S. MacKay, M.A.Sc., P.Eng.

and

H.A. Kazi, Ph.D., P.Eng.
Metallurgist

For
V.E. Phillips, P.Eng.
Marineside Surveys Ltd.
2819 Isleville Street
Halifax, N.S. B3K 3X3

June 1987

9. DISCUSSION

The points of origin of cracks were easily traced from the herringbone directional pattern of the brittle fracture surfaces. In all, four points from where the cracks originated were discovered, two were situated on #4 starboard side and the other two on #3 port side. All four cracks originated near the toes of the fillet welds situated at the tip of the intercostal short stiffeners on the bilge strakes. Beach marks were clearly seen at the fracture origins, indicating fatigue.

Our investigation discovered that the quality of the fillet welds was very poor. The fact that all the cracks originated at the tip of the intercostal stiffeners led us to believe that the tips of these stiffeners, because of poor fillet welds, acted as stress raisers. Under the normal service load, the stress at the tips exceeded the fatigue limit and, consequently, fatigue cracks formed at these points.

Every origin had multiple points of initiation. The length of fatigue cracks at the points of origin were extensive, they were about 3 cm in length along the toes of the fillet welds and penetrated 3 to 5 mm into the shell plate. The growth of the fatigue cracks occurred during the short service life, less than one year, of the MV Dodsland.

When the fatigue cracks reached a critical size, rapid brittle fracture occurred. The combined effects of (1) localized stress concentration at the extensive fatigue cracks, (2) the crucial loading from wave motion and engine vibration, and (3) the insufficient energy absorptive capacity of the shell plate at the service temperature led to brittle fracture.

Our test results indicated that the dynamic tear values of the shell material at the service temperature were low.

The critical crack depth calculated from the COD results gave a value of 6.07 to 7.32 mm (.239 to .288 in.). Although the actual depths of the fatigue cracks before brittle fracture were no greater than 5.0 mm, this discrepancy may be due to the difference in loading between that in the COD tests and actual service. Even though the critical crack depths calculated from the COD test results were slightly higher than the actual depths, they can be considered to be in good agreement.

Our Charpy V-notch tests indicated that the butt welds had slightly higher Charpy impact values compared to the shell plates. However, the brittle cracks passed through most of the butt welds except for the weld between plates #212 and #615 on the starboard side, where

it was arrested. The brittle crack also travelled through the butt weld produced by the submerged arc process between plates #605 and #606. Accidentally, we discovered the presence of weld cracks in one of the Charpy specimens cut from the butt weld between plates #212 and #606 on port side. Considering all the facts, one can state that not only the shell plates, but the butt welds produced by SMAW and submerged arc welding did not have the energy absorptive capacity to resist brittle cracking. The arrest of the cracks in the Dodsland appeared to have occurred when the cracks entered a region of low stress rather than due to entering a region of tougher material.

Our investigation indicated that the transition temperature for the Charpy impact specimens was about 15°C and for dynamic tear specimens, was about 30°C. Below the transition temperatures mentioned above, the shell material under certain loading could lose its fracture toughness or resistance to brittle cracking. In our opinion, for this type of steel in cold water service, the probability of brittle fracture is high.

Our examination of the fracture surfaces by SEM revealed that the fracture mode of the cracks beyond the points of crack arrest were of a shear nature indicating that the service stress at the point of arrest were higher than the yield strength of the plate material.

From the results of chemical analysis and tensile tests, the bilge strake, the side and the bottom strake material can be classified as ABS Grade A Hull Steel. The bilge strake did not meet the requirements for Grade AH.

The measured tensile strength of the bilge strake was slightly higher than that of the side strake. This could be due to the fact that the bilge strake went through an additional forming process for its final curved shape.

The Charpy impact properties, although not required for Grade A plate, were found to have a wide scatter and had a low value at the service temperature. It is generally accepted that materials with anisotropic properties are not suitable for through thickness loading members or joints.

We discovered numerous defects in the fillet welds including cracks, pores, and lack of fusion. In general, the hardness values of the fillet welds and at the fusion line on the shell plate side were relatively higher (than the other welded joints) and appear to coincide with the origin of the cracks. The poor integrity of the fillet welds was one of the causes of the fatigue cracks.

Government bodies and classification societies have given great attention to the selection of materials for offshore structures. To provide protection against brittle fracture, careful selection of materials for ship design should be made to suit its application and service conditions.

10. CONCLUSIONS

The following conclusions were drawn from the results of our investigation.

1. The bilge strake, bottom strake and the side strake were made from ABS Grade A Steel.

2. Average Charpy impact energy value at 0°C for the bilge strake materials was 25J. The transition temperature was determined to be about 15°C which was higher than the service temperature. The scatter of the values at each test temperature was high, particularly at temperatures above 0°C.

3. Dynamic tear values for the bilge strake were low. The transition temperature was quite high, about 30°C.

4. The Dynamic Tear and Charpy Impact values were not adequate to provide protection against brittle fracture at the service temperature.

5. The critical crack depth for brittle fracture initiation calculated from COD results was about 7 mm which is in resonable agreement of the actual depth of 3 to 5 mm.

6. The energy absorbing capacity of the butt welds were not adequate to arrest or divert the cracks.

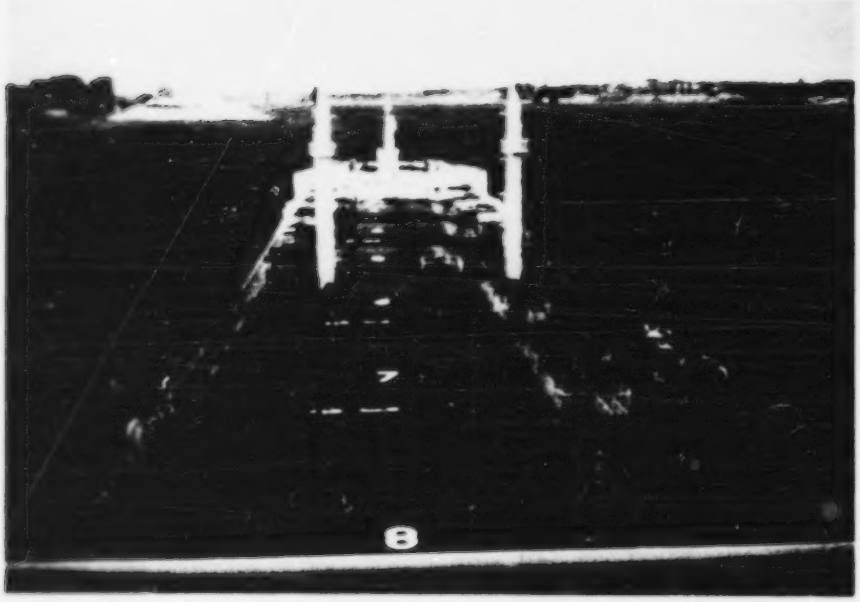
The sequences of events that led to this catastrophic failure are as follows:

1. Two fatigue cracks originated on both sides of the ship at the toe of the fillet welds situated near the tip of the stiffeners. The points of the crack origins were located in the fillet weld or near the fusion line on the shell plate side. The cause of the fatigue crack origin was a combined effect of (i) poor fillet weld, (ii) stress concentration, and (iii) the crucial cyclic service loading at the tip of the stiffener.

2. Once the fatigue cracks had penetrated to a depth of approximately 3 to 5 mm inside the bilge strake, the mode of cracking changed to brittle manner. The brittle crack was caused by (i) crucial loading, (ii) stress concentration at the extensive origin of fatigue crack, and (iii) low energy absorbing capacity of the shell plate material at the temperature concerned.

3. The brittle crack progressed to great lengths, (over 13 feet), through butt welds (manual and submerged arc) because the energy absorbing capacity of the butt welds were inadequate.

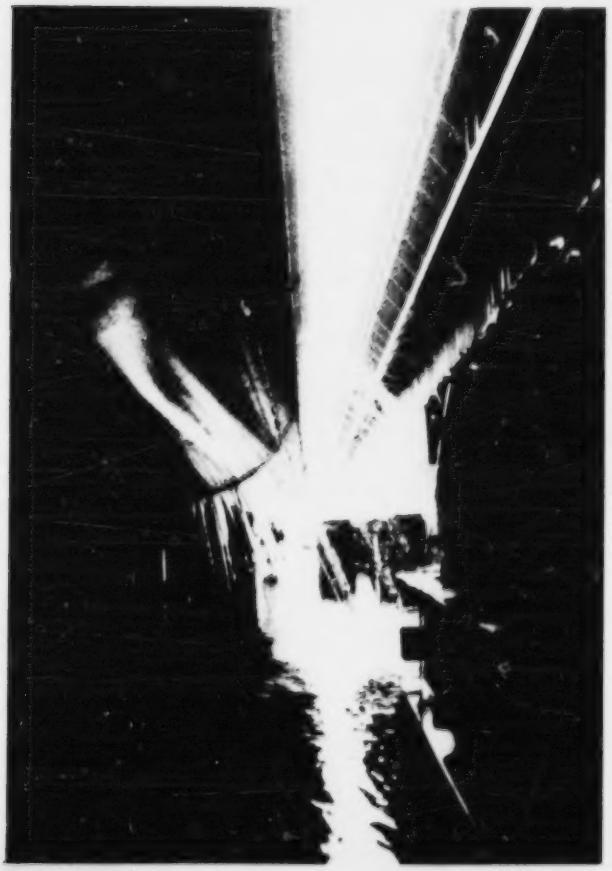
"DODSLAND"



O.B.O. "DODSLAND" at Halifax, N.E.

O.B.O. "DODSLAND" à Halifax (N.-É.).

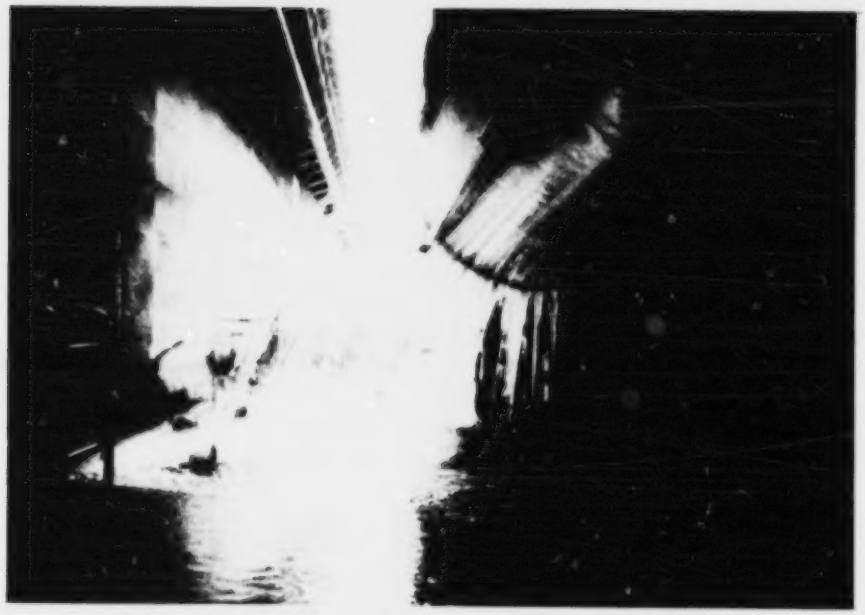
"DODSLAND"

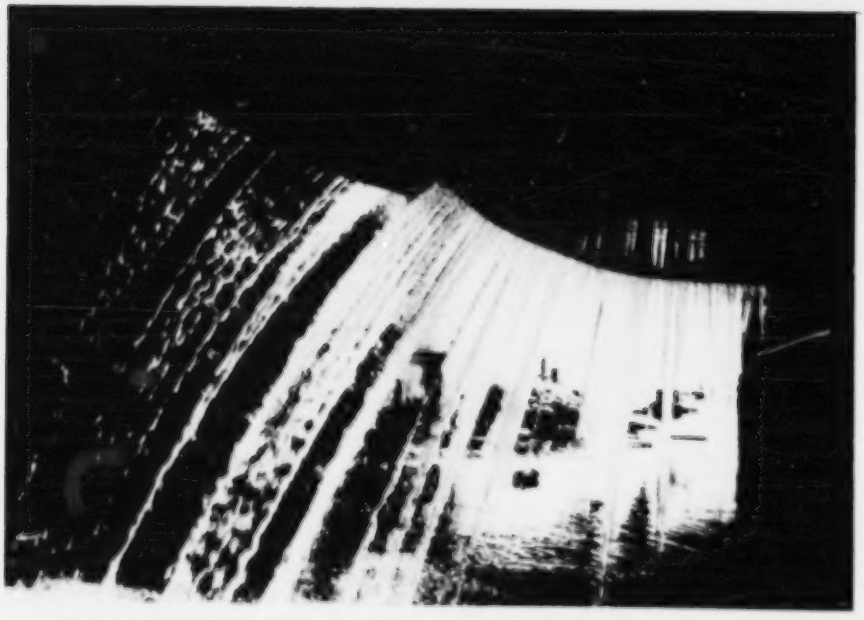


Water escaping from No. 3 port water-ballast tank after dry-docking.

Eau sortant du ballast bâbord n° 3 suite au bassin de radoub.

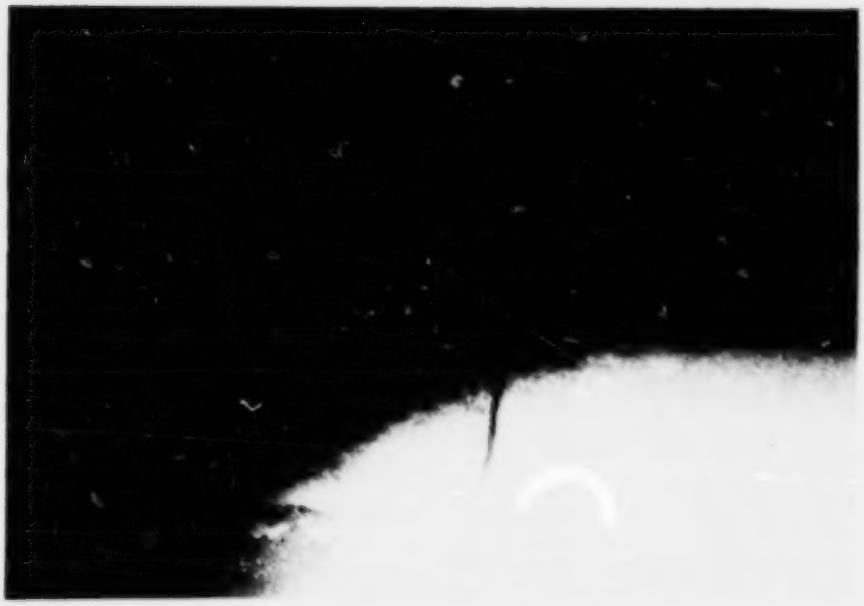
"DODSLAND"





Water escaping from cracked No. 4 starboard water-ballast tank after dry-docking.

Eau sortant du ballast tribord n° 4 fendillé suite au bassin de radoub.



Sub-sea photographs of cracks in hull.

Photographies sous-marines des criques dans la coque.